

反式异戊橡胶在载重斜交轮胎胎体胶中的应用

马 浩^{1,2}, 孙延震², 黄华龙²

(1. 青岛科技大学高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042; 2. 杭州中策橡胶有限公司, 浙江 杭州 311607)

摘要: 研究反式异戊橡胶在载重斜交轮胎胎体胶中的应用。结果表明: 用反式异戊橡胶等量取代天然橡胶, 可以降低胶料的生热, 提高胶料的耐屈挠性能和耐磨性能, 对胶料其它物理性能影响不大; 成品轮胎帘布层间的粘合强度较高, 超过国家标准要求。

关键词: 反式异戊橡胶; 胎体; 载重斜交轮胎; 生热; 粘合强度

随着对高性能轮胎的要求越来越高, 绿色节能轮胎及新型材料已成为轮胎公司的开发重点和占领市场制高点的法宝。

反式-1,4-聚异戊二烯(TPI)又称反式异戊橡胶、合成杜仲橡胶, 是天然橡胶(NR)和顺式异戊橡胶(IR)的同分异构体。它的碳-碳不饱和双键密度与NR相等, TPI能用相同的NR硫黄硫化体系。TPI(充分交联)的滚动阻力和生热在目前所有轮胎用胶中是最低的。TPI也可以与NR、丁苯橡胶、顺丁橡胶等共混, 共混胶的生热低, 滚动阻力低, 耐磨性能和耐疲劳性好, 而这些性能正是高性能轮胎所需要的, 也符合节能减排的目标。本工作

研究TPI在载重斜交轮胎胎体胶中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

TPI, 青岛科大华泰材料有限公司产品; IR, 俄罗斯产品; NR, SCR1, 海南农垦集团有限公司产品; 溶聚丁苯橡胶(SSBR), 牌号2530, 中国石化上海高桥分公司产品; 炭黑N660, 杭州富春江化工有限公司产品; 半补强炭黑, 新疆雅克拉炭黑有限责任公司产品。

1.2 配方

小配合试验基本配方见表1。

表1 小配合试验基本配方

份

组 分	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
NR	100	95	90	85	80
TPI	0	5	10	15	20
2 [#] 参比炭黑	50	50	50	50	50
氧化锌	5	5	5	5	5
硬脂酸	2	2	2	2	2
防老剂4020	2	2	2	2	2
防老剂RD	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
促进剂NS	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
硫黄	2	2	2	2	2
合计	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2

生产配方（胎体内层胶）：NR/IR，80；SSBR2530，20；炭黑N660/半补强炭黑，48；氧化锌，5；硬脂酸，2；防老剂4020/RD，3；古马隆树脂/操作油，11；硫黄/促进剂NOBS/促进剂DTDM/防焦剂CTP，4.5；粘合增进剂AIR-1，8。

大配合试验配方：用10份TPI等量代替NR，其他与生产配方相同。

1.3 主要仪器与设备

XK-160型开炼机和50 t平板硫化机，湖州橡胶机械厂产品；F370型密炼机，大连橡胶塑料机械股份有限公司产品；C200E型硫化仪，北京友深电子仪器有限公司产品；WGJ-2500B II型电子拉力机，广西师范大学秀峰电器厂产品；橡胶疲劳屈挠试验机，上海橡胶机械厂产品；T5525A型定负荷压缩生热试验机，北京橡胶工业研究设计院产品；磨耗试验机，长沙仪表机械厂产品；KWC-2-T/B型机床耐久性试验机，天津车轮试验中心产品。

1.4 混炼工艺

小配合试验胶料混炼在开炼机上进行，混炼工艺为：生胶包辊（辊距1.1 mm），每隔30 s交替割

刀1次 $\xrightarrow{7\text{ min}}$ 硫黄 $\xrightarrow{2\text{ min}}$ 1/2炭黑 $\rightarrow$ 调辊距1.4 mm，交替割刀1次 $\rightarrow$ 剩余1/2炭黑 $\xrightarrow{12\text{ min}}$ 氧化锌、硬脂酸、防老剂4020、防老剂RD、促进剂NS $\xrightarrow{3\text{ min}}$ 清扫，交替割刀3次 $\xrightarrow{3\text{ min}}$ 调辊距0.8 mm，薄通6次 $\xrightarrow{2\text{ min}}$ 调辊距2.2 mm，下片。

大配合试验胶料采用2段混炼工艺。一段混炼在F370型密炼机中进行，混炼工艺为：生胶 $\rightarrow$ 小料、炭黑 $\rightarrow$ 压砣 $\rightarrow$ 提砣 $\rightarrow$ 软化剂（125℃） $\rightarrow$ 压砣 $\rightarrow$ 排胶（155℃）；二段混炼在GK255型密炼机中进行，混炼工艺为：一段混炼胶 $\rightarrow$ 硫化体系 $\xrightarrow{2\text{ s}}$ 压砣 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提砣 $\xrightarrow{2\text{ s}}$ 压砣 $\xrightarrow{95\text{ s}}$ 排胶。

1.5 性能测试

胶料各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

小配合试验胶料物理性能见表2。可以看出：

表2 小配合试验胶料物理性能

项 目	配方编号									
	1 [#]		2 [#]		3 [#]		4 [#]		5 [#]	
硫化仪数据（143℃）										
$M_L/（N \cdot m）$	0.39		0.37		0.35		0.48		0.41	
$M_H/（N \cdot m）$	2.02		1.94		1.89		2.07		2.04	
t_{10}/min	5.52		5.47		5.53		6.00		5.48	
t_{90}/min	13.78		13.68		13.73		14.10		12.88	
硫化时间（143℃）/min	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30
密度/（g·cm ⁻³ ）	1.13		1.13		1.13		1.13		1.13	
邵尔A型硬度/度	71	72	72	72	70	71	73	73	73	73
300%定伸应力/MPa	15.1	15.7	16.1	16.1	13.8	14.3	14.6	15.4	15.6	15.9
拉伸强度/MPa	28.4	27.0	28.1	28.3	26.2	27.2	25.7	25.2	24.5	23.2
拉断伸长率/%	505	488	500	499	497	500	476	454	440	417
拉断永久变形/%	30	25	30	27	28	27	26	20	21	18
撕裂强度/（kN·m ⁻¹ ）	117	113	86	92	93	84	84	74	80	81
阿克隆磨耗量/cm ³	0.18		0.19		0.17		0.16		0.15	
压缩生热 ^{1）} /℃	24.5		22.0		23.4		23.2		25.7	
屈挠龟裂性能/万次	10		12		14		15		18	
110℃×24h老化后										
邵尔A型硬度/度	75	76	77	76	74	75	77	77	76	76
300%定伸应力/MPa	19.8	20.2	20.5	19.78	18.9	18.2	19.5	19.0	19.9	18.4
拉伸强度/MPa	23.9	21.2	24.1	21.4	20.8	21.8	22.4	20.5	20.6	19.4
拉断伸长率/%	358	320	352	330	336	340	337	314	309	307
拉断永久变形/%	20	18	20	18	19	19	20	15	14	14

(续表2)

项 目	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
10万次伸张疲劳 ²⁾ 后					
300%定伸应力/MPa	17.0	17.1	16.6	17.3	18.4
拉伸强度/MPa	26.9	27.0	25.1	25.5	24.5
拉伸强度变化率/%	-5.3	-3.9	-4.2	-0.8	0
拉断伸长率/%	463	448	422	432	383
拉断永久变形/%	25	20	20	17	14
15万次伸张疲劳 ²⁾ 后					
300%定伸应力/MPa	18.0	18.1	17.4	18.7	17.5
拉伸强度/MPa	26.4	25.2	26.4	23.4	20.9
拉伸强度变化率/%	-7.0	-10.3	+0.8	-8.9	-14.7
拉断伸长率/%	418	398	415	359	364
拉断永久变形/%	20	20	19	14	13

注: 1) 负荷(1.00±0.03) MPa, 冲程(4.45±0.03) mm, 温度(55±1)℃; 2) 应变50%。

用TPI部分代替NR, 胶料的 t_{10} 和 t_{90} 变化不大, 硬度稍微增大, 耐热老化性能相差不大, 在10万次伸张疲劳后物理性能较好, 在15万次伸张疲劳后物理性能较差(3[#]配方胶料除外); 随着TPI用量增大, 胶料的拉伸强度和撕裂强度呈下降趋势, 耐屈挠性能和耐磨性能提高; 与1[#]配方胶料相比, 2[#]~4[#]配

方胶料的生热较低, 5[#]配方胶料的生热较高。

2.2 大配合试验

根据小配合试验结果, 在胎体胶生产配方中用10份TPI等量代替NR进行大配合试验, 胶料物理性能见表3。可以看出: 与生产配方胶料相比, 试验配方胶料的硫化速度变化不大; 老化前试验配方

表3 大配合试验胶料物理性能

项 目	试验配方		生产配方	
硫化仪数据（143℃）				
$M_L/（N\cdot m）$	0.17		0.16	
$M_H/（N\cdot m）$	1.44		1.40	
t_{10}/min	10.93		10.68	
t_{90}/min	19.97		18.52	
硫化时间（143℃）/min	30	45	30	45
邵尔A型硬度/度	66	65	65	65
300%定伸应力/MPa	9.4	9.5	8.9	8.6
拉伸强度/MPa	12.7	11.9	12.2	12.5
拉断伸长率/%	373	346	375	384
拉断永久变形/%	13	10	16	15
撕裂强度/（kN·m ⁻¹ ）	33	28	33	30
压缩生热/℃		18.0		18.8
回弹值/%		34		38
H抽出力/N		172		168
压延帘布粘合强度/（kN·m ⁻¹ ）				
上-上		5.3		7.0
下-下		4.4		5.9
110℃×24h热老化后				
邵尔A型硬度/度	68	69	71	72
300%定伸应力/MPa	7.3	7.0	7.7	7.3
拉伸强度/MPa	8.9	9.0	8.8	8.6
拉断伸长率/%	238	247	234	241
拉断永久变形/%	5	3	5	4

胶料的300%定伸应力、H抽出力较高, 拉断永久变形较小, 生热较低, 压延帘布粘合强度较低, 其它物理性能相差不大; 老化后试验配方胶料的硬度较低, 其它性能差异不大。

从工艺性能来看, 由于试验配方胶料比较硬挺, 返炼时较困难, 但热炼均匀后, 在细炼机和供胶机上加工性能无异常; 在四辊压延机上加工性能较好, 压延过程中帘布表面光滑, 无熟胶、露白等问题产生。

2.3 成品轮胎粘合性能

使用试验配方胶料试制9.00-20-16PR/CR992轮胎(胎体结构为2层缓冲层、2层外层帘布、6层内层帘布)。成品轮胎帘布层间粘合强度如表4所示。可以看出: 成品轮胎帘布层间粘合强度较高, 符合国家标准要求。

3 结论

(1) 在小配合试验中, 用5~15份TPI等量代

表4 成品轮胎帘布层间粘合强度 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

帘布层	测试值	国家标准
2-3层间	6.8	≥ 5.3
3-4层间	7.0	≥ 5.3
4-5层间	7.0	≥ 5.3
5-6层间	7.3	≥ 5.3
6-7层间	9.6	≥ 5.3

替NR, 胶料的 t_{10} 和 t_{90} 变化不大, 耐热老化性能相差不大, 生热降低, 在10万次伸张疲劳后物理性能提高; 随着TPI用量增大, 胶料的拉伸强度和撕裂强度呈下降趋势, 耐屈挠性能和耐磨性能提高。

(2) 在载重斜交轮胎胎体胶中用10份TPI等量代替NR, 胶料的300%定伸应力、H抽出力稍有提高, 生热降低, 压延帘布粘合强度较低, 其它物理性能相差不大; 胶料在四辊压延机上的加工性能较好, 压延过程中帘布表面光滑, 无熟胶、露白等问题产生; 成品轮胎帘布层间粘合强度较高, 超过国家标准要求。

Application of Trans-polyisoprene Rubber in the Carcass Compound of Bias Truck Tire

MA Hao^{1,2}, SUN Yanzhen², Huang Hualong²

(1. School of Polymer Science and Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China;

2. Hangzhou Zhongce Rubber Co., Ltd., Hangzhou 311607, China)

Abstract: The application of trans-polyisoprene rubber in the carcass compound of bias truck tire was studied. The natural rubber in the original compound was replaced with the same amount of trans-polyisoprene rubber, and the test results showed that the heat build-up of the compound was reduced, the flex resistance and abrasion resistance were improved, while other physical properties were not affected. It was also found that in finished tire the adhesion strength between cord layers increased and met the requirement of the national standard.

Keywords: trans-polyisoprene rubber; carcass; bias truck tire; heat build-up; adhesion strength

欢迎订阅2013年《橡胶科技》, 欢迎向《橡胶科技》投稿!